مدیریت فشار شبکه های توزیع آب شهری و استفاده صحیح از منابع آب

حسین آسفی[1]، الهام ذالنوری[2]، علیرضا نوذری پور[3]، غلامرضا مرادی[4]

۱- کارشناس ارشد مهندسی عمران آب و فاضلاب شرکت آب و فاضلاب جنوب شرق استان تهران

۲- کارشناس مهندسی عمران آب و فاضلاب شرکت آب و فاضلاب جنوب شرق استان تهران

۳- کارشناس ارشد مدیریت شرکت آب و فاضلاب جنوب شرق استان تهران

٤- کارشناس مهندسی عمران آب و فاضلاب شرکت آب و فاضلاب جنوب شرق استان تهران

Asef_wwia2004@yahoo.com
Elham.zolnoory@yahoo.com

چکیده

بهره‌برداری از شبکه ناکارآمد و کم‌بازده و میزان آب بدون درآمد در شهرها و استان‌های مختلف کشور نسبتاً بالا می‌باشد. نشت شبکه، سهم عمده‌ای در آب بدون درآمد دارد. یکی از کاراترین و مقرون به صرفه‌ترین راه‌های کنترل و کاهش نشت شبکه توزیع آب و مصارف ناخواسته، مدیریت فشار است که یک ابزار کارآمد برای کاهش آب بدون درآمد و بهره‌وری بیشتر از شبکه می‌باشد. مدیریت فشار منجر به کاهش میزان نشت و باعث افزایش عمر تأسیسات و تجهیزات شبکه، کاهش تعداد حوادث و اتفاقات و همچنین کاهش آب مصرفی می گردد. در پروژه حاضر، راهکار و روش پیاده‌سازی DMA۱، و همزمان تلفیق آن با خروجی نتایج نرم افزارهای هیدرولیکی انجام مدیریت فشار بر روی شبکه آبرسانی ارائه شده است. در این روش شبکه توزیع آب به چندین ایزوله تقسیم می گردد و سپس مقادیر دبی لحظه‌ای ورودی به هر ایزوله و فشار در شبکه اندازه‌گیری می شود و سپس با تغییر شرایط و مقادیر خروجی شیرهای فشارشکن، تاثیر تغییرات فشار در میزان تغییرات حداقل جریان شبانه و تأثیر آن روی میزان نشت از شبکه توزیع آب نشان داده می شود. هدف این پروژه ارزیابی روش و تکنیک جدید مدیریت پیشگیرانه فشار، در شبکه های آبرسانی و تعمیم آن می‌باشد. هدف این تحقیق ارزیابی روش و تکنیک جدید مدیریت پیشگیرانه فشار، در شبکه های آبرسانی و تعمیم آن می‌باشد.

کلمات کلیدی: مدیریت فشار، شبکه توزیع آب شهری، تلفات آب، منابع آب

۱- مقدمه

مدیریت مصرف در شبکه‌های توزیع آب شهری و اعمال آن در سطح کشور از مهمترین راهکارهای مبارزه با تلفات آب و کاهش هدررفت این سرمایه ملی می‌باشد. برای این منظور علاوه بر فعالیتهای فرهنگی درسطح جامعه، جمع آوری و اطلاع از وضعیت هیدرولیکی و کیفی آب از موارد حائز اهمیت می‌باشد. لذا در اغلب

[1] District Metering Area

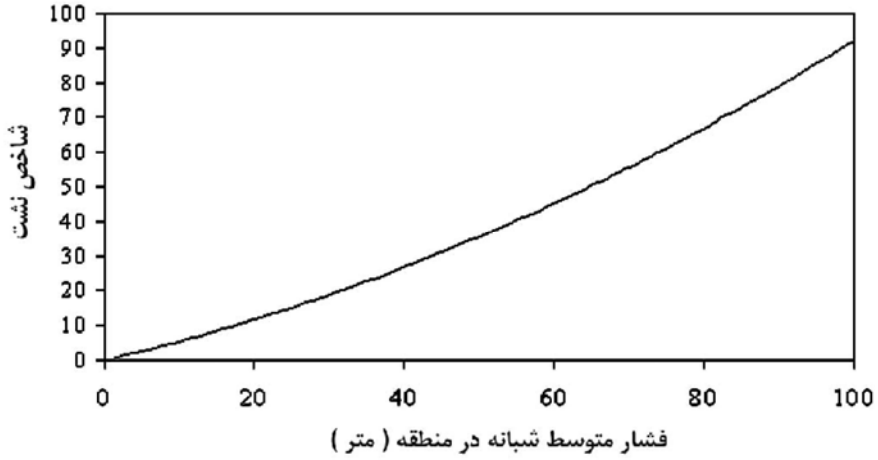
کشورهای جهان در جهت اجرای پروژه‌های مدیریت مصرف و تعدیل آن استقرار ثبات‌های هیدرولیکی و کیفی، مدیران را از وضعیت شبکه مطلع می‌سازد.

مدیریت فشار به مجموعه برنامه‌ها و عملیاتی که به منظور تنظیم فشار در شبکه صورت می‌گیرد اطلاق می‌شود به شکلی که حقوق قانونی مشترکان و مصرف‌کنندگان تأمین شود و تغییرات و ناپایداری در فشار نداشته باشیم. این عملیات می‌تواند از ابزارهای متعددی شیرهای فشارشکن، ابزارهای مدرن و پیشرفته الکترونیکی تنظیم فشار و جریان، مدل‌های تحلیل هیدرولیکی و اندازه‌گیری‌های صحرایی بهره‌گیری کند. [۱]

۲- رابطه بین نشت و فشار

از نظر تئوری نشان داده شده است که ارتباط بین فشار و نشت صرفاً با ریشه دوم فشار (قانون اریفیس) متناسب نمی‌باشد، اما تقریباً با قانون توان بسط داده می‌شود. همچنین نشت لوله‌های P.V.C، بسیاری دیگر از انواع نشت، بویژه در محل اتصالات، در نواحی فشار دستخوش تغییر است بدین معنی که تأثیر کاهش فشار روی حجم این نشت‌ها اثر بیشتری دارد، به طوری که فقط سرعت جریان نشت تغییر نمی‌کند بلکه همچنین نواحی نشت نیز عوض می‌شود (نشتهای جدید بوجود می‌آید).

رابطه بین فشار و شاخص نشت[1] که توسط مطالعات مرکز تحقیقات آب انگلستان (WRC)[2] در انگلستان بدست آمده در شکل (۱) نشان داده شده است. محور عمودی معرف جریان خالص شبانه (بجای نشت) و محور افقی، فشار متوسط شبانه در منطقه (AZNP)[3] می‌باشد. بنابراین محور عمودی به صورت یک شاخص نسبت به نشت بیان شده است.



شکل ۱- رابطه ارائه شده بین فشار و شاخص نشت توسط مطالعات مرکز تحقیقات آب انگلستان

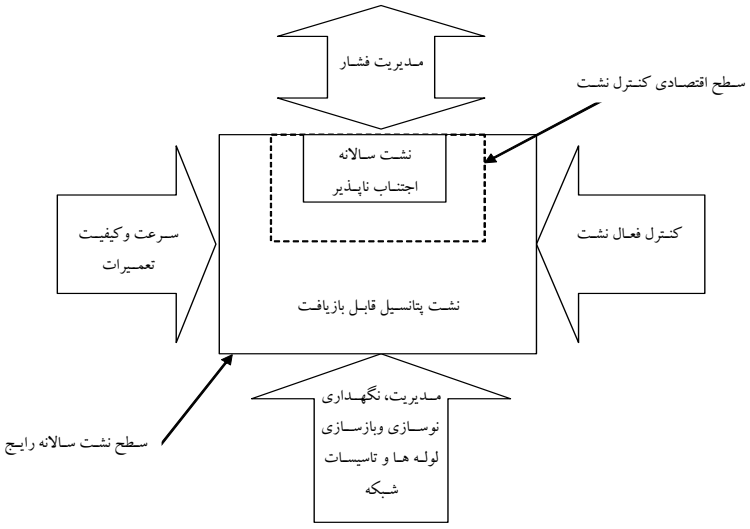
۳- انواع روش‌های مدیریت فشار

مدیریت فشار به طرق مختلف رخ می‌دهد. از ناحیه‌بندی پایه یک سیستم ثقلی تا کنترل دینامیکی توسط شیرهای کنترل اتوماتیک (ACVs)[4]. سیستم‌های توزیع ممکن است تجهیزات مختلف یا همان تجهیزات چندگانه داشته باشد. روش‌های کاربردی برای مقابله با نشت در شبکه‌های توزیع آب شهری در شکل(۲) نشان داده شده

[1] Leakage Index
[2] Water Research Center
[3] Average Zone Night Pressure
[4] Automatic Control Valve

است. [2] , [3]

مدیریت فشار علاوه بر کاهش نشت، نشت سالانه اجتناب‌ناپذیر را که وابسته به فشار است، کاهش می‌دهد.



شکل ۲- روش‌های کاربردی برای مقابله با نشت در شبکه‌های توزیع آب شهری

به منظور انجام مدیریت همه جانبه در شبکه ها ی آب باید سعی شود تا آنجا که مقدور است شبکه را به زون های بیشتری تبدیل نمود تا بتوان هر زون مجزا شده را به خوبی تحت کنترل درآورد. اگر میزان ورودی و خروجی هر زون کاملاً برای ما مشخص باشد می توان زون را یک ناحیه ایزوله شده دانست و در حالتی تجهیز شده تر، شبکه های آبرسانی را می توان در موارد کارآمدی که به بعضی از آن در شکل مختصراشاره شده کنترل نمود.

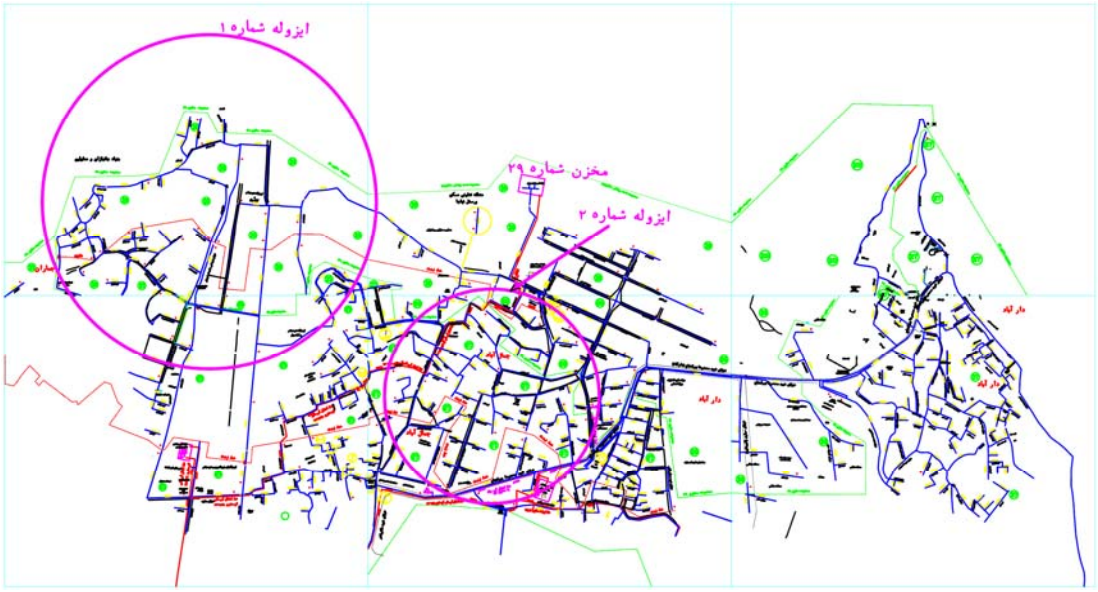
اندازه‌گیری حداقل مصرف و تخمین تلفات فیزیکی
اندازه‌گیری مصارف خانگی جهت تعیین الگوهای مصرف
اندازه‌گیری و نظارت بر مصرف ایزوله‌ها (District Metering Areas)
استخراج داده‌های مورد نیاز برای تحلیل هیدرولیکی شبکه و مدلسازی
نظارت بر کارایی روند بهره‌برداری و عملکرد تجهیزات کنترلی به‌ویژه شیرهای کاهنده فشار
ارزیابی طرح‌های بهره‌برداری نظیر الگوهای زمان‌بندی عملکرد ایستگاه‌های پمپاژ

۵- روش کار و یافته ها

با توجه به اهمیت موضوع کاهش آب بدون درآمد و کاهش میزان نشت شبکه و مزایای مدیریت فشار در کاهش هزینه های اعمالی و نتایجی که همه این تحقیقات پایلوتی تصدیق می کنند زون بندی و منسجم کردن شبکه های آبرسانی می تواند سهم فراوانی در کاهش آب بدون درآمد داشته باشد. یک نمونه از این تحقیقات در شبکه آبرسانی منطقه یک (شمیرانات) در ناحیه دو تهران، انجام شده است. این پروژه در دو مرحله مطالعاتی و دو ایزوله مجزا انجام گرفته است. در مرحله اول تلفات آب و در مرحله دوم پتانسیل کنترل نشت از طریق مدیریت فشار مورد بررسی قرار گرفته است. که قسمتی از نتایج این مطالعه ارائه می گردد.(1)

جدول ۱- محدوده جغرافیایی ایزوله‌های مطالعاتی

شماره ایزوله	منطقه جغرافیایی
۱	ناحیه‌ای تحت پوشش مخزن ۲۹- محدوده باغ منظریه و اردوگاه شهید باهنر و کلکچال - بالای منطقه جماران- پایین دست ایستگاه پمپاژ
۲	ناحیه‌ای تحت پوشش مخزن ۲۹- منطقه جمال آباد - در محدوده خیابان شهید مجید خداوردی



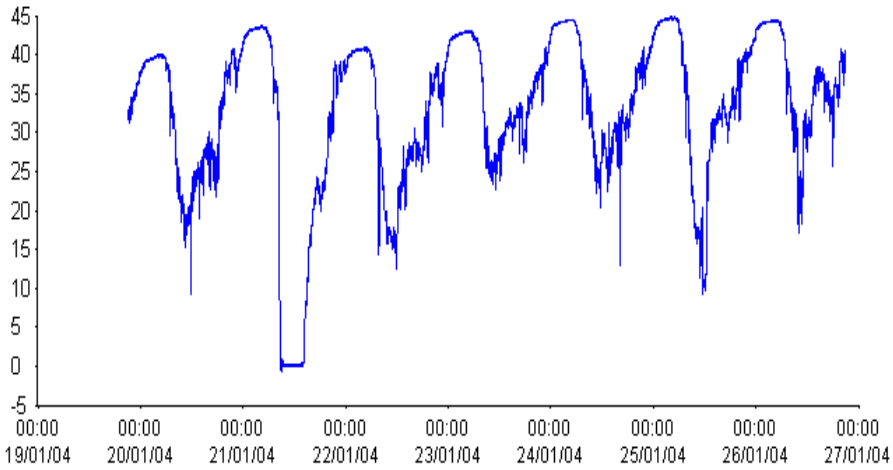
شکل۳- شبکه توزیع آب تحت پوشش مخزن ۲۹

الف - عملیات فشارسنجی

برای بهره‌برداری بهینه از شبکه توزیع آب، پایش (مانیتورینگ) مداوم مقادیر فشار در شبکه ضروری می‌باشد.از آنجا که میزان نشت و یا تلفات فیزیکی در شبکه‌های توزیع آب شهری به‌طور مستقیم با مقدار فشار در شبکه ارتباط دارد، به منظور شناخت دقیق وضعیت هیدرولیکی شبکه، محاسبه میزان نشت و تهیه برنامه مدیریت فشار، شناسایی مقادیر فشار متوسط، حداقل و حداکثر در شبکه ضروری می‌باشد. نقاط انتخابی برای عملیات فشارسنجی باید به‌طور یکنواخت در طول شبکه پراکنده بوده و ترازهای ارتفاعی مختلف موجود در ایزوله را پوشش دهند. مقدار فشار در شبکه می‌توان از با استفاده از گیجهای فشارسنج دستی و یا اتوماتیک (دیتالاگر) اندازه‌گیری نمود.

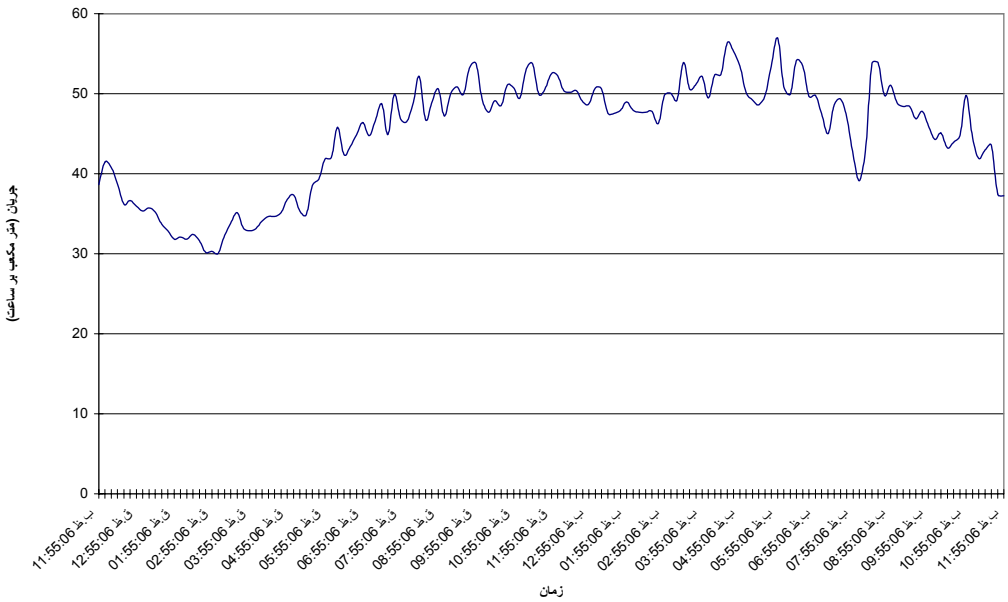
طبق استاندارد ایران (نشریه ۳-۱۱۷ دفتر فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی) در شرایط معمولی، حداقل و حداکثر مقدار فشار در شبکه‌های توزیع آب برابر ۱۴ تا ۵۰ متر (۱.۴ تا ۵ اتمسفر) تعریف شده است. انتخاب محدوده فشاری برای فشارسنج‌ها باید از طریق آزمایش فشار مقدماتی و یا بررسی نقشه‌های شبکه، توپوگرافی شهر و منابع تغذیه شبکه توزیع صورت پذیرد. در آزمایش فشار مقدماتی باید از فشار سنجی که محدوده فشار آن (۰ تا ۱۶) اتمسفر باشد استفاده شود.

پس از انجام این آزمایش در نقاط مختلف شبکه توزیع، بخصوص نقاط پست (گود) و یا نقاط تغذیه (پمپاژ مستقیم به شبکه) می‌توان محدوده فشار را برای فشارسنج تعیین و نسبت به تهیه فشارسنج مناسب اقدام نمود.برای مثال یک نمونه از اطلاعات خروجی ثباتهای فشار در منحنی شکل (۴) نشان داده شده است.



شکل ۴- اطلاعات خروجی ثباتهای فشار

خطوط هم‌فشار حداقل و حداکثر در مدیریت فشار و خطوط هم‌فشار متوسط در محاسبه نشت‌های نامرئی و مرئی ناشی از حوادث کاربرد دارند. بعد از ترسیم خطوط هم‌فشار، باید اعداد حاصل از فشارسنجی با خطوط هم-فشار کنترل شده و ویرایش‌های لازم برای انطباق نقشه و واقعیت صورت پذیرد. سپس مانیتورینگ مداوم جریان ورودی به ایزوله و تحلیل مصرف آب مشترکین تحت پوشش ایزوله صورت گیرد. درانتها تاثیر تغییرات فشار در میزان حداقل جریان شبانه و نشت شبکه و مصرف مشترکین برآورد گردد و نتایج بدست آمده مورد بحث و بررسی قرار گیرد. دبی ورودی در بازه‌های زمانی ۱۰ دقیقه توسط دبی‌سنج ثبت می‌گردد که نتایج یک نمونه از اندازه‌گیری‌ها برای مثال در شکل (۵) نشان داده شده است.



شکل ۵- منحنی نمونه تغییرات دبی اندازه‌گیری شده توسط دبی سنج التراسونیک

ب - فهم هیدرولیکی از سیستم قبل از پیاده‌سازی و اجرا

استفاده از یک مدل کامپیوتری و استفاده از نرم افزار wather cad جهت تشخیص سریع نواحی پتانسیل

فشار یک روش بسیار خوب است.

علاوه براستفاده مدل‌های هیدرولیکی جهت تعیین محل ایستگاه‌های کنترل فشار و اندازه‌گیری‌های میدانی جهت تعیین داده‌های بحرانی، همچنین مهم است که بفهمیم دقیقاً سیستم از لحاظ هیدرولیکی چگونه عمل می‌کند. این تحلیل به طور معمول در فاز اولیه آنالیز مصرف پروژه انجام می‌گیرد و بایستی مقادیر زیر تعیین شود:

درصد مصرف مستقیم فشار

درصد مصرف از مخازن ذخیره تکی

میزان تغذیه به خط توزیع توسط پمپ یا به طور ثقلی

تقسیم مصارف به صورت مسکونی، تجاری و صنعتی

کنترل سطح مخازن هوایی

کنترل به وسیله قطع آنی پمپ

نتایج این تحقیق پایه طرح‌های کنترل را شکل خواهد داد و همین‌طور حدود کنترل و فرضیات هزینه به سود را نیز تأمین خواهد نمود.

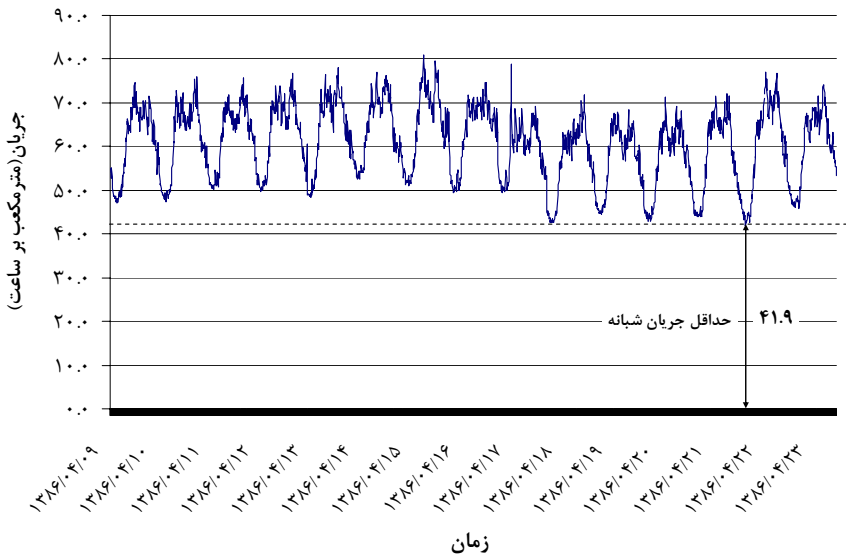
پ - مدل‌سازی هیدرولیکی

کاهش میزان فشار باید به گونه‌ای باشد که قابلیت اطمینان سیستم در حد قابل قبول باقی بماند، به این معنا که کاهش میزان فشار همراه با قید تأمین فشار مورد نیاز در گره‌های مصرف صورت پذیرد تا تقاضای مصرف در تمامی زمان‌ها برآورده گردد. حالت ایده‌آل زمانی اتفاق می‌افتد که میزان فشار در تمامی گره‌ها به حدی باشد که دقیقاً مقدار تقاضا در گره مصرف را برآورده نماید. به این حالت پروفیل فشار بهینه سطح فشار هدف گفته می‌شود. محاسبه تنظیمات بهینه شیرآلات کار نسبتاً مشکلی است.

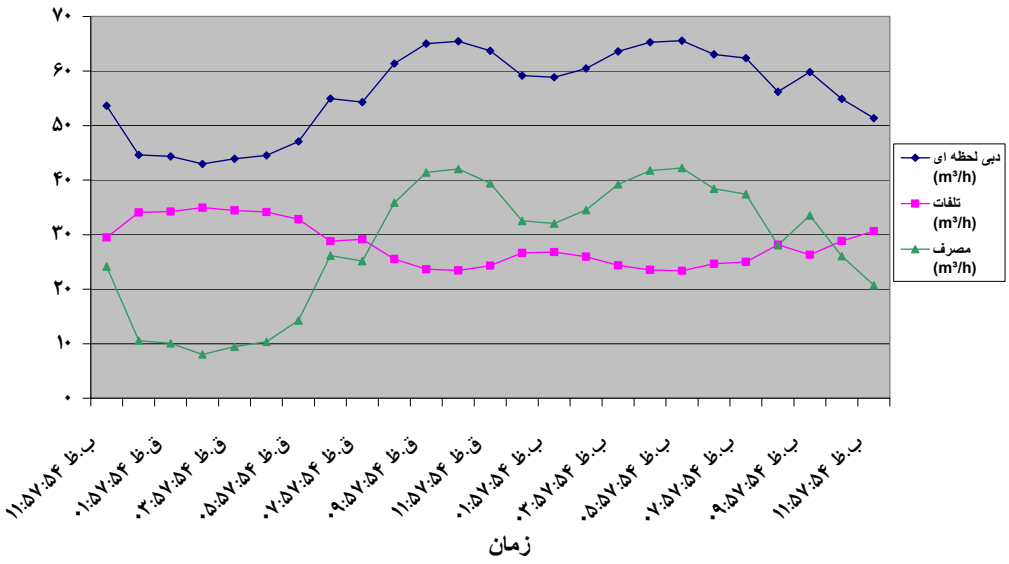
از نرم افزار wather cad جهت تعیین حداقل فشار تنظیمی شیر فشارشکن بطوریکه حداقل فشار در بقیه نقاط سیستم در ساعات اوج مصرف در ۱۵ متر نگه داشته شود استفاده می شود. ضمناً از این نرم‌افزار در مدل-سازی شبکه و تعیین نواحی با فشار بالا جهت استقرار شیر PRV برای توسعه مدیریت فشار استفاده می‌شود و همچنین پس از اتمام زمان ثبت مقادیر فشار، داده‌های ذخیره شده در دستگاه از طریق کامپیوتر و به وسیله نرم-افزار Radwin lite و به‌صورت جدول و نمودار به عنوان ابزار تصمیم‌گیری در پیاده‌سازی مدیریت فشار قابل استفاده می‌باشد.

٦- نتیجه‌گیری

نمودار خروجی از این دستگاه طی دو هفته اول و دوم در شکل شکل(۶) نشان داده شده است.



شکل۶- تغییرات جریان ورودی به ایزوله شماره ۱ در فاصله زمانی اندازه‌گیری



شکل ۷- دبی ورودی به ایزوله، مصرف مشترکین و تغییرات تلفات (هفته دوم)

بررسی نتایج ایزوله شماره۲

۵ حالت تنظیم خروجی فشارشکن به شرح زیر بود:

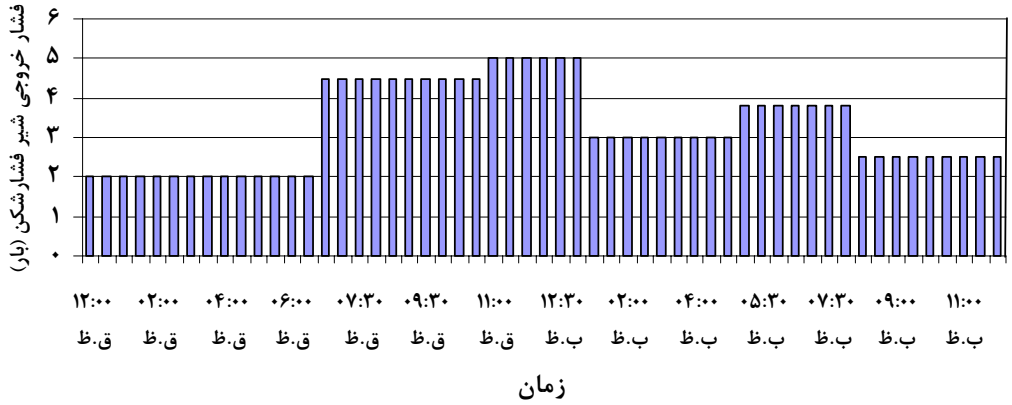
حالت اول : تنظیم خروجی فشارشکن به مقدار ثابت ۳۰ متر (ماه رمضان)

حالت دوم : تنظیم خروجی فشارشکن به مقدار ثابت ۵۰ متر (ماه رمضان)

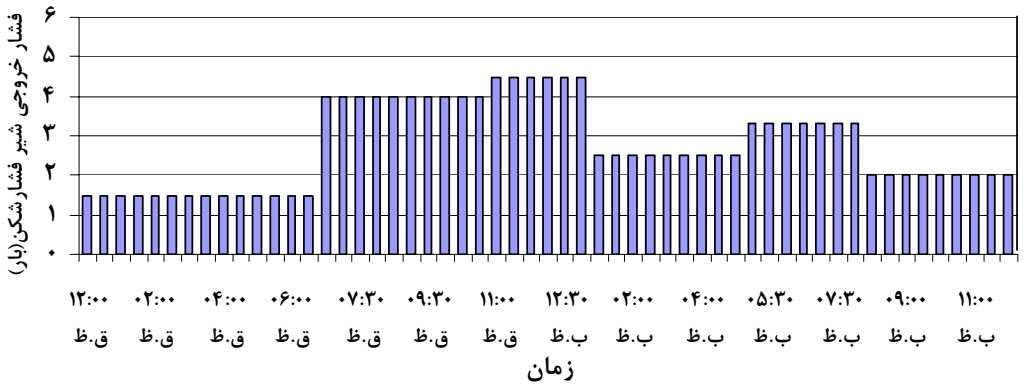
حالت سوم : تنظیم خروجی فشارشکن به مقدار ثابت ۵۰ متر

حالت چهارم : تنظیم خروجی فشارشکن متغیر مطابق الگوی شکل (۸)

حالت پنجم : تنظیم خروجی فشارشکن متغیر مطابق الگوی شکل (۹)



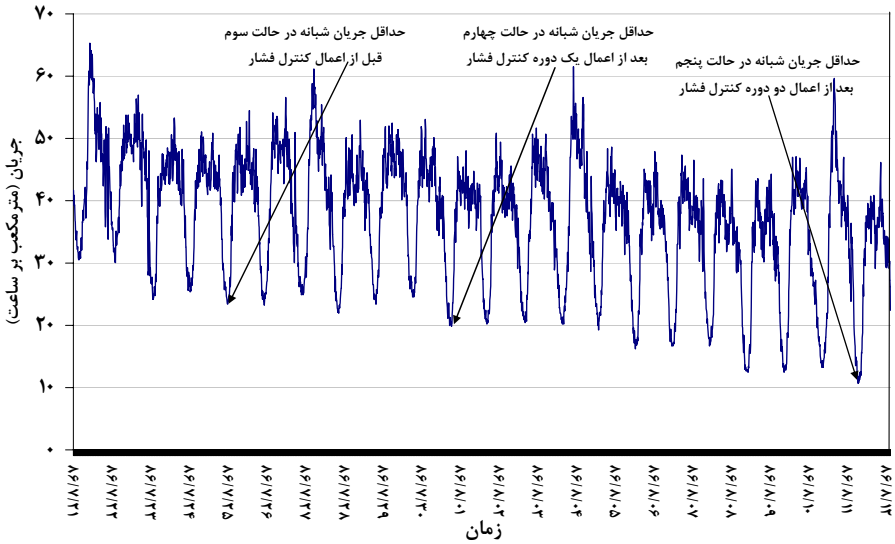
شکل ۸- خروجی شیر فشارشکن برای حالت چهارم (الگوی شماره ۱)



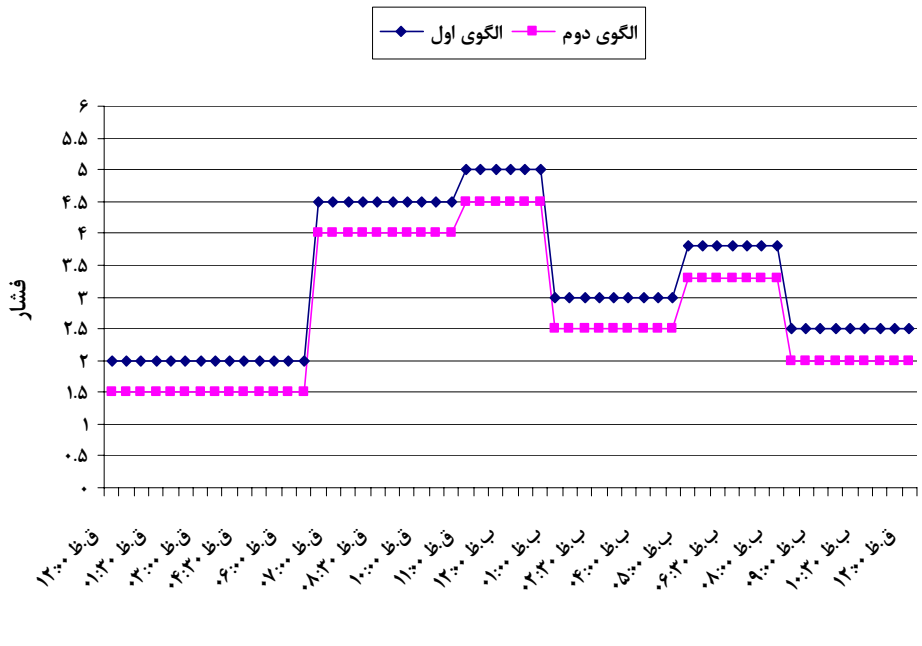
شکل ۹- خروجی شیر فشارشکن برای حالت پنجم (الگوی شماره ۲)

جدول ۲- تغییرات حداقل جریان شبانه با فشار برای ایزوله مورد مطالعه

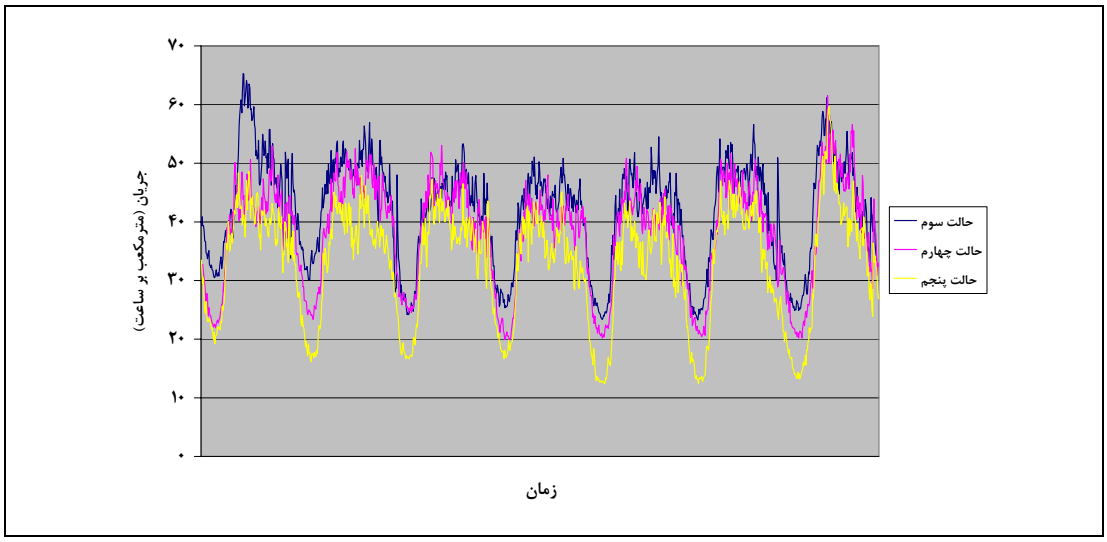
زمان اندازه‌گیری	فشار خروجی شیر فشارشکن (متر)	حداقل جریان شبانه (متر مکعب بر ساعت)
یک هفته	30 (رمضان)	24.00
یک هفته	۵۰ (رمضان)	31.07
یک هفته	۵۰	24.73
یک هفته	۲۰ شکل (۱۲)	21.12
یک هفته	۱۵ شکل (۱۳)	14.06



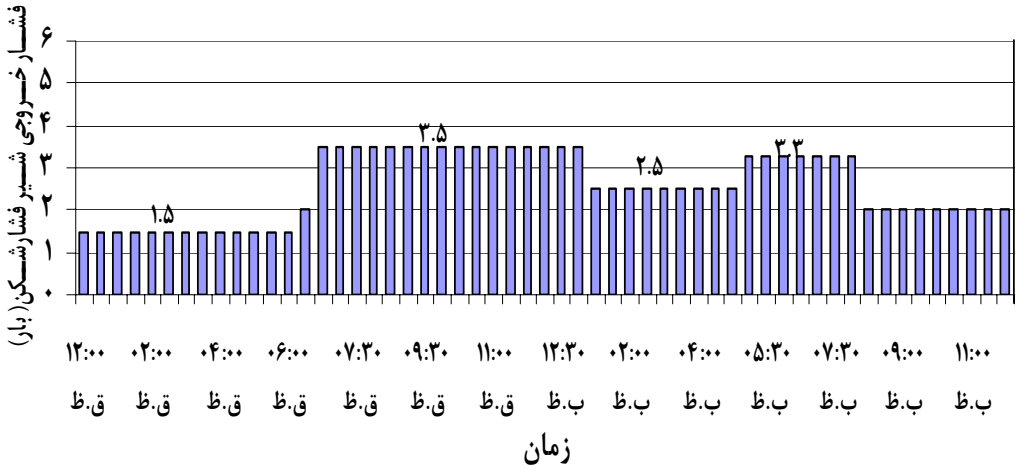
شکل ۱۰- کاهش حداقل جریان شبانه با اعمال مدیریت فشار



شکل ۱۱- خروجی شیر فشارشکن برای هفته‌های چهارم و پنجم



شکل ۱۲- مقایسه دبی ورودی به ایزوله با اعمال تغییرات در فشار خروجی شیر فشارشکن



شکل ۱۳-الگوی شماره ۳ فشار خروجی شیر فشارشکن

- ایزوله شماره ۱

نتیجه می‌شود که میزان آب بدون درآمد برای ناحیه موردنظر در طول دوره مطالعه به‌طور متوسط ۵۰ درصد است که در مقایسه با نواحی دیگر در شهر تهران خیلی بالاست. عوامل متعددی از قبیل نبودن طرح ناحیه‌بندی فشار در شبکه، ارتباط خطوط آبرسانی با شبکه توزیع، عدم نظارت بر اجرا و عدم تهیه نقشه‌های همچون ساخت و ... دخالت دارند.

تحلیل جریان حداقل شبانه در طول دوره‌ی این مطالعه، تأثیر مهم تشخیص دقیق سطح افت‌های واقعی موجود در DMA و همین طور تأثیر آن در الویت بندی اقدامات تعیین نشت را نشان می‌دهد.

- ایزوله شماره ۲
- تحلیل تأثیر مقدار فشار بر روی میزان نشت شبانه

چنانچه مشاهده گردید کاهش فشار خروجی شیر فشارشکن در هفته‌های متوالی، باعث دبی ورودی به ایزوله می‌شود. همچنین با کاهش فشار خروجی شیر فشارشکن، حداقل جریان شبانه که برآوردی از میزان نشت در شبکه را بیان می‌کند نیز کاهش می‌یابد. در ماه مبارک رمضان کاهش فشار به اندازه ۴۰ درصد (که هد باقیمانده قابل قبولی را می‌دهد)، منجر به کاهش ۲۳ درصدی در میزان حداقل جریان شبانه شد. بعد از ماه مبارک رمضان

با تعدیل فشار مطابق الگوی شماره ۲ فشار، با کاهش ۷۰ درصدی فشار شبانه نسبت به فشار خروجی ثابت۵۰ متر، بدون تأثیر نامطلوب در کارایی سیستم، ۴۳ درصد کاهش در حداقل جریان شبانه حاصل شد. لذا پتانسیل بیشتری برای کاهش نشت از طریق مدیریت فشار برای ناحیه مورد مطالعه وجود دارد.

- ارزیابی اثر فشار بر میزان صرفه‌جویی

در ماه مبارک رمضان، میزان متوسط کاهش و صرفه‌جویی حاصل شده در دبی ورودی به ایزوله در اثر کاهش فشار از ۵۰ متر به ۳۰ متر، با مقایسه یک دوره یک هفته‌ای، برابر ۱۶۸.۸۹ مترمکعب بر روز محاسبه شد. که از این مقدار بیش از ۳۵٪ صرفه جویی حاصل شده به‌صورت معنی‌داری، بین ساعات نیمه شب و ۷ صبح می-باشد.

بعد ماه مبارک رمضان، با مقایسه یک دوره یک هفته‌ای، میزان متوسط کاهش و صرفه‌جویی حاصل شده در دبی ورودی به ایزوله در اثر کاهش فشار مطابق الگوی اول، برابر ۸۸.۸۶ مترمکعب بر روز و برای الگوی دوم تعدیل فشار برابر ۲۱۲.۹۸ مترمکعب بر روز می‌باشد.

بنابراین آن قابل استنباط است که صرفه‌جویی چشم‌گیری در میزان دبی ورودی به ایزوله می‌تواند با کاهش فشار سیستم نتیجه شود.

- ارزیابی اثر فشار بر میزان مصرف

میزان صرفه‌جویی حاصل شده در مصرف مشترکین پس از اعمال یک دوره کنترل فشار، برابر ۱۴.۷٪ و پس از اعمال دو دوره کنترل فشار ۳۰.۶٪ می‌باشد.

- ارزیابی اثر فشار بر میزان آب بدون درآمد

میزان آب بدون در آمد قبل از مدیریت فشار برابر ۵۲.۳٪ می‌باشد که پس از یک دوره مدیریت فشار به ۳۰.۲٪ و با اعمال دو دوره مدیریت فشار به ۱۸.۳٪ کاهش یافته است.

۷- مراجع

(1) شریف زاده ابراهیم، پایان نامه مدیریت فشار در شبکه های توزیع آب شهری، دوره کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور، ۱۳۸۶

[1] Thorton, J., Lambert, A., (2006) “Managing pressure to reduce new breaks”, water 21, Issue DEC., December 2006.

[2] Lambert, A. O., Brown, T.G., Takizawa, M., and Weirner, D., (1999), “A review of performance indicators for real losses from water supply systems”, AQUA, 48(6), 227-237.

[3] Thornton, J,.(2002). Water Loss Control Manual, McGraw-Hill